

557296

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 12 月 2 日 (02.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/104869 A1

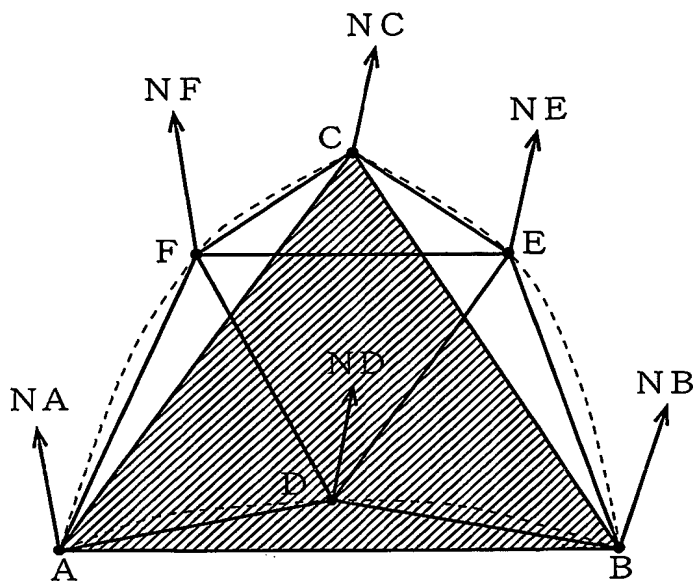
- (51) 国際特許分類: G06F 17/50 (74) 代理人: 川久保 新一 (KAWAKUBO, Shinichi); 〒160-0004 東京都新宿区四谷2丁目4番12号大久保ビル6階 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/006221
- (22) 国際出願日: 2003 年 5 月 19 日 (19.05.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 有限会社瀬戸口総研 (SETOGUCHI LABORATORY LTD.) [JP/JP]; 〒166-0015 東京都杉並区成田東3-27-3 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AU, CA, CN, IL, IN, JP, KR, RU, SE, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (71) 出願人 および
(72) 発明者: 瀬戸口 良三 (SETOGUCHI, Ryozo) [JP/JP]; 〒166-0015 東京都杉並区成田東3-27-3 Tokyo (JP).
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: PLANE SHAPE CREATION SYSTEM, PLANE SHAPE CREATION METHOD AND PROGRAM RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 面形状の創成システム、面形状の創成方法とプログラムの記録媒体

PLANE PATCH OF BASIC TRIANGLE (TRIANGLE ABC)

PP1: 基本三角形の平面パッチ (三角形ABC)



(57) Abstract: When a predetermined polygonal plane patch is called a polygonal plane patch of level 0 and each of the vertexes of the polygonal plane patch of level 0 is called a shape forming point of level 0, a normal line of level 0 is set at each shape forming point of level 0 and each normal line of level 0 is resolved on the tangential plane equivalent to the normal line of level 0. When each normal line of level 0 is resolved in a direction same as that of or toward the vicinity of a side of the polygonal plane patch of level 0, a tangential line of level 0 is set, and a shape forming point of level 1 and a normal line on the shape forming point of level 1 are set in accordance with two tangential lines of level 0. A shape creation system characterized in that a plane shape is formed by recursively, sequentially controlling the means above.

(57) 要約: 本発明は、基本的には、所定の多角形状平面パッチをレベル0の多角形状平面パッチと呼び、上記レベル0の多角形状平面パッチの各頂点をレベル0の形状構成点と呼ぶ場合、上記レベル0の形状構成点のそれぞれに、レベル0の法線を設定し、上記レベル0の法線と等価な接平面上で、上記設定した

それぞれのレベル0の法線を分解する。しかも、上記レベル0の多角形状平面パッチの辺と同じ方向またはその辺の近傍に向かって分解することによって、レベル0の接線を設定し、2つの上記レベル0の接線に基づいて、レベル1の形状構成点と形状構成点上に法線を設定する。これらの手段を再帰的に逐次繰り返し制御することで面形状を生成することを特徴とする形状創成システムである。

WO 2004/104869 A1

1

明 細 書

面形状の創成システム、面形状の創成方法とプログラムの記録媒体

〔技術分野〕

本発明は、接平面の被覆に面形状の創成システム、面形状の創成方法とプログラムの記録媒体に関する。

〔背景技術〕

曲面形状を創成する場合、従来は、位置情報や接線情報を利用して形状記述を実行する補間的曲面創成を行っている。

位置情報や接線情報を利用する補間的形状創成法は、曲面の包絡線（輪郭線）上の点を離散的に配置することにより、線状に組み合わせて表現する曲面のデジタル的表現である。すなわち、上記補間的形状創成法は、線形状の組み合わせの構成表現として、単なる曲面を包絡する折れ線の連続的表現である。

従来、曲面を創成する場合、関数表現によって曲面を創成する。いわゆる補間的形状記述として曲面を創成する。このように関数に基づいて曲面を表現する場合、区分的多項式を組み合わせることによって曲面を表現する。上記従来例を分類すると、次の（１）と（２）の方法がある。

（１）境界条件による表現

上記境界条件は、形状を表現する境界の頂点の位置情報や接線情報等である。境界条件による表現は、多項式の係数を、境界条件に基づいて決定し、曲面を表現する方法である。上記「多項式」は、一般に、３次のスプライン関数が多用される。この意味で、関数表現に基づく曲面の生成は境界条件による補間として曲面の構成点を生成する直接創成法である。

（２）制御ポリゴンによる方法

制御ポリゴンによる方法は、多項式の係数を、制御ポリゴンの位置情報の荷重表現として決定する方法である。上記「荷重表現」は、係数の重み表現である。

制御ポリゴンによる方法は、正確には、多項式の基底に基づいて荷重を決定し、

2

制御ポリゴンの位置情報を用い、決定される荷重（重み付け）によって、曲面の構成点を定める方法である。

用いる基底表現によって、ベーゼ表現またはBスプライン表現がある。上記ベーゼ表現は、2項基底に基づく表現であり、上記Bスプライン表現は、バーンスタイン基底が使われる。2項基底は、バーンスタイン基底の特別な基底である。

この意味で、制御ポリゴンによる方法は、関数表現に基づく、制御ポリゴンによる間接的な曲面の創成方法である。制御ポリゴンを作成するのに時間がかかるという問題があり、また、制御ポリゴンによって創成された面は、所要の面であるか直ちに判断できないという問題がある。

すなわち、上記従来例では、所要の形状を見込みで決定し、この見込みに基づく形状創成によって不都合が生じれば、形状の調整を何回か繰り返すことによって、所要の形状を得る。ここでは、生成形状の上記調整作業が煩雑であり、処理の高速化を妨げているという問題がある。つまり、上記従来例は、曲面等の面を創成する場合、形状創成機構を簡単に構築することができず、処理速度を高速にすることができず、効率よく処理することができないという問題が生じる。

本発明は、曲面等の面を、表現する場合、形状創成のメカニズムが簡素であり、形状創成機構を簡単に構築することができ、処理速度を高速にすることができる接平面の被覆による面形状の創成システム、創成方法とプログラムの記録媒体を提供することを目的とするものである。

[発明の開示]

本発明は、所望の面形状を面創成するために、まず、所望の全形状を疎なかたちで構成した基本多面体を構成し、基本多面体を形成する多角形状のパッチの内、面形状の生成が必要なパッチを選択する。

ここでは、視覚的にかつ操作的に形状処理を行うインタラクティブ環境に基づく形状生成処理を行う。選択されたパッチをマウスやジョイスティックなどの入力装置を具備した情報処理装置の画面上に描画する。これにより、面形状生成のための必要な前処理が完備する。この種のインタラクティブな環境は面形状生成のためのサブシステムとして構築する。

3

面形状生成のための第1段階（面形状生成レベル0）として、前記面形状生成サブシステムに基づき、選択したパッチの頂点に接線と等価な法線を付与する。生成対象パッチの境界頂点のそれぞれ法線をパッチ境界に沿って接平面の上で分解し、境界線に沿う接線に対応する頂点のそれぞれの組として求める。

次に、第2段階（面形状生成レベル1）として、境界法線を分解して求めた接線の組を用いて、対応する頂点の間に接平面と等価な法線を設定するための曲面形状構成点と接線を求める。

第3段階（面形状生成レベル1）としては、特許請求項2と3に関する面形状創成方法の基本要件となる法線について、第2段階において定めた形状構成点上の法線として特定する。ここでは、第4図で示したように、定めた構成点と接線により法線を定める。また、第7図で示したように、求めた形状構成点のみに基づき、形状構成点上の法線を求める第2の方法もある。

第4段階（面形状生成レベル1）としては、求めたそれぞれの構成点を新しい頂点として多角形パッチを構成して、選択したパッチを基本パッチとするかたちで、第8図や第9図において示したように、この基本パッチの上に新しい多面体形状を構築する。

第5段階（面形状生成レベル2）としては、作られた多面体の構成パッチである多角形状パッチのそれぞれについて、第1段階と同様に接線を求め、さらに第2段階と同様にして、次段階において必要な接平面と等価な法線を定めるための面形状構成点を求める。この構成点の上に、第3段階と同様な方法により接平面と等価な法線を求める。

第6段階（面形状生成レベル2）としては、第4段階と同様な手続きを構成し、さらに再分割された多面体形状を基本パッチの上に構築する。

第7段階と（面形状生成レベル3～n）としては、第5段階と第6段階を逐次再帰的に繰り返し、接平面で基本パッチ全面を被覆することで、所望の面形状を生成する。

第8段階としては、基本多面体を構成する多角形状のパッチの内、所望の面形状の生成が必要なパッチを逐次選択して、それぞれの選択されたパッチについて、第1段階から第7段階の手続きを逐次繰り返す制御過程を構築し、所望の面形状

を具備する多面体形状を生成するシステムである。

[図面の簡単な説明]

図1は、本発明の面形状創成において、初期条件として必要な多角形状の基本パッチの境界法線を設定するために構築される面形状生成サブシステムSF1の構成を示すブロック図である。

図2は、面形状生成サブシステムにより、所望の面形状を生成することが要請される基本多角形状パッチたとえば三角形状パッチPP1の境界頂点A、B、Cの上に設定する接平面と等価な法線NA、NB、NCの設定状態を示す面形状生成レベル0に対応する図である。

図3は、上記実施例において決定した法線をレベル0の接線設定手段20により分解し、レベル1の形状構成点Dと構成点D上の接線TDとを設定する手順の説明図である。

図4は、上記実施例において、設定したレベル1の形状構成点Dと、レベル1の形状構成点Dに設定された接線によりレベル1の接平面SDと等価な法線NDの構成手順を示す説明図である。

図5は、頂点Aと頂点B上の法線NBを含む平面PANBと頂点Bと頂点A上の法線NAをふくむ平面PANAを設定設定する手順を示す説明図である。

図6は、レベル0の接線設定手段20により頂点A、Bの法線NA、NBを分解し、レベル1の形状構成点Dを設定し、構成点Dの上に法線NA、NBを単位ベクトル化し、この合成ベクトルが頂点A、Bが作るスパンLABとの交点Pを求め、この交点Pによる線分LABの分割比を決定する手順を示す説明図である。

図7は、分割点Pに基づく相似三角形により、分割点Pに対応する法線NA3、NB3求め、ベクトルNA3、NB3の合成ベクトルを形状構成点Dの法線NDとする手順を示す説明図である。

図8は、上記実施例において、所定形状創成するための基本多角形状である三角形状として、三角形状の平面パッチPP1の3辺AB、BC、CAについて、それぞれ、レベル1の法線ND、NE、NFを逐次形成し、新しい多面体形状を

形成する過程を示す図である。

図 9 は、上記実施例において、所定の面を創成するための基本多角形を四角形状として、四角形状の平面パッチ P P 2 を分割する過程により、レベル 1 の形状構成点 E、F、G、H に、レベル 1 の法線 N E、N F、N G、N H を構成し、新しい多面体形状を形成する過程を示す図である。

図 10 は、本発明の実施例である面形状の創成システム S F 0 の制御と面形状生成過程を示すブロック図である。

[発明を実施するための最良の形態]

図 1 は、本発明の実施形態の一つである面形状生成サブシステム S F 1 の構成状態を示す構成ブロックの例示である。ここでの入力手段としては、前記のマウスやジョイスティックなどが考えられる。この種の入力手段を用いる場合には、表示画面と連動して機能する会話型のシステムを構築することができる。

図 2 は三角形の平面パッチ P P 1 の境界頂点 A、B、C 上に設定される法線 N A、N B、N C の設定過程を示している。

破線で示す法線 N A'、N B'、N C' は基準となる球面上の法線であり、実線で示す法線 N A、N B、N C は所望の面形状を生成するのに必要なパッチ頂点上の接平面と等価な法線である。

この所望の法線設定段階は、面形状生成に必要な初期条件として、基本パッチ P P 1 の上で基準法線 N A'、N B'、N C' を調整することにより、所望の境界法線 N A、N B、N C を設定する面形状生成レベル 0 に対応する。

面形状の創成システムは、接平面を所望の面形状に被覆することによって、所望の面形状を創成するシステムであり、所定の多角形状平面パッチをレベル 0 の多角形状平面パッチと呼び、上記レベル 0 の多角形状平面パッチの各頂点をレベル 0 の形状構成点と呼び、上記レベル 0 の多角形状平面パッチと、上記レベル 0 の形状構成点とに基づいて形状創成する面形状の創成システムである。

なお、上記「レベル 0」は、第 0 段階（または第 0 層）という意味であり、上記「レベル 1」は、第 1 段階（または第 1 層）という意味であり、その後、第 2 段階（または第 2 層）、第 3 段階（または第 3 層）、……と、形状創成の精度を上

げる毎に、段階を上げる。

また、面形状の創成サブシステムは、入力手段 I 1 と、表示手段 D P 1 と、記憶手段 M 1 と、レベル 0 の法線設定手段 1 0 と、レベル 0 の接線設定手段 2 0 と、レベル 1 の形状構成点設定手段 3 0 とを有する。

入力手段 I 1 は、面形状を創成するに際して必要なデータを入力する手段であり、上記レベル 0 の多角形状平面パッチ P P 1 に関する頂点の情報等を入力する手段である。

表示手段 D P 1 は、面形状を創成する過程で、創成途中の形状を表示し、また、完成した面形状を表示する手段である。

記憶手段 M 1 は、面を創成するための基本多角形を構成する三角形の平面パッチ P P 1 のデータ、創成過程または創成が完成した面形状のデータ等を格納するメモリである。

レベル 0 の法線設定手段 1 0 は、レベル 0 の形状構成点（三角形の頂点）のそれぞれに、レベル 0 の法線を設定する手段の例である。

レベル 0 の接線設定手段は、上記レベル 0 の法線と等価な接平面上で、上記設定したそれぞれのレベル 0 の法線を分解し、しかも、上記レベル 0 の多角形状平面パッチの辺と同じ方向またはその辺の近傍に向かって分解することによって、レベル 0 の接線を設定する手段の例である。なお、上記レベル 0 の多角形状平面パッチの辺と同じ方向に向かって、法線を分解すると、分解された接線の方法は、多角形状平面パッチの辺と同じ方向であり、一方、その辺の近傍に向かって、法線を分解すると、分解された接線の方法は、多角形状平面パッチの辺とは異なる方法である。

なお、上記「接平面」は、所定の形状構成点（レベル 0 においては、三角形の頂点）に接する平面であり、面と直交する法線を有する平面である。

レベル 1 の形状構成点設定手段は、2つの上記レベル 0 の接線に基づいて、レベル 1 の形状構成点を設定する手段の例である。

次に、面形状の創成サブシステム S F 1 の動作について説明する。

まず、三角形形状平面パッチをレベル 0 の多角形状平面パッチと呼び、レベル 0 の三角形形状平面パッチ P P 1 の各頂点 A、B、C をレベル 0 の形状構成点と呼び、

7

上記レベル0の三角形状平面パッチと、上記レベル0の形状構成点とに基づいて形状創成する。なお、上記「形状構成点」は、所望の形状の輪郭線の一部を構成する点である。

そして、入力手段I1から入力されたデータに基づいて、レベル0の法線設定手段10は、三角形の平面パッチPP1の頂点A、B（レベル0の形状構成点）のそれぞれに、レベル0の法線NA、NBを設定する（S1）。

図3は、特許請求項3に間する実施例として、レベル1の形状構成点Dを設定する場合の説明図である。

レベル0の法線NA、NBとそれぞれ等価な接平面SA、SB上で、レベル0の法線NA、NBをそれぞれ分解し、しかも、レベル0の三角形状平面パッチの辺ABと同じ方向またはその辺の近傍に向かって分解することによって、レベル0の接線TA、TBを設定する（S2）。

つまり、接線TAは、法線NAと直交し、頂点Aを含む接平面SA上に存在し、辺ABと同じ方向またはその辺ABの近傍に向かう線であり、また、接線TBは、法線NBと直交し、頂点Bを含む接平面SB上に存在し、辺ABと同じ方向またはその辺ABの近傍に向かう線である。

その後、レベル0の接線TA、TBに基づいて、レベル1の形状構成点Dを設定する（S3）。

図4は、上記実施例において、レベル0の接線設定手段20が設定したレベル1の形状構成点Dと構成点D上の接線TDに基づき、レベル1の形状構成点Dに設定されたレベル1の接平面SDと等価な法線NDの構成関係を示す図である。

この場合、上記実施例において、レベル0の法線NA、NBのベクトル積としてSを求める。次にレベル1の接線TDAとベクトルSのベクトル積を求める。これが求める構成点D上の法線NDである。

図5、図6、図7は、特許請求項4に関する具体的手順としての実施例である。ここでの実施例は、形状構成点Dのみによる構成点D上の法線NDを求める方法である。

図5において示したように、頂点Aと頂点B上の法線NBを含む平面PANBと頂点Bと頂点A上の法線NAをふくむ平面PBNAを設定設定する。

8

図6においては、頂点A、Bの法線NA、NBを単位法線NA2、NB2とし、レベル0の接線設定手段20により、接線TA、TBに分解する。求めた接線TA、TBに基づき、レベル1の形状構成点Dを設定する。構成点Dの上に法線NA2、NB2を平行移動する、移動法線NA2、NB2の合成ベクトルが頂点A、Bが作るスパンLABとの交点Pを求める。次に、この交点Pによる線分LABの分割比を決定する。

最後に、図7においては、分割点Pに対応するように、平面PANB、PBN Aについて、相似三角形を構成しこの分割比に対応するベクトル線分NA3、NB3を求める。この法線ベクトルNA3、NB3の合成ベクトルが形状構成点Dの法線NDとなる。

図8は、上記実施例において、所定形状創成するための基本多角形状である三角形状として、三角形状の平面パッチPP1の3辺AB、BC、CAについて、それぞれ、レベル1の法線ND、NE、NFを逐次形成し、新しい多面体形状を形成する過程を示す図である。

図8において、基本三角形の平面パッチPP1を斜線で示してある。

上記動作は、三角形の1つの辺ABに着目して、レベル1の形状構成点Dを設定する場合の動作であるが、三角形の他の2辺BC、CAについても、上記と同様に、それぞれ、レベル1の形状構成点E、Fを設定する。すなわち、上記のようにして、頂点（形状構成点）A、Bとその法線NA、NBを分解して、接線TA、TBを決め、レベル1の形状構成点Dとその法線NDを設定した後に、頂点（形状構成点）B、Cについても同様に、その法線NB、NCを分解し、接線TB、TCを決め、レベル1の形状構成点Eとその法線NEを設定する。同様にして、頂点（形状構成点）C、Aとその法線NC、NAとに基づいて、接線TC、TAを決め、レベル1の形状構成点Fとその法線NFを設定する。

そして、上記レベル1の形状構成点D、E、Fによって新たな三角形を形成する。また、基本三角形PF1を構成する平面パッチの3つの辺AB、BC、CAと、上記レベル1の形状構成点D、E、Fのそれぞれとによって、新たな3つの三角形ABD、BCE、CAFが形成される。なお、上記新たな3つの三角形は、基本三角形の平面パッチの第1、2の頂点A、Bとレベル1の形状構成点Dとに

よって形成される三角形ABDと、基本三角形の平面パッチの第2、3の頂点B、Cとレベル1の形状構成点Eとによって形成される三角形BCEと、基本三角形の平面パッチの第3、1の頂点C、Aとレベル1の形状構成点Rとによって形成される三角形CAFとである。

つまり、基本三角形の平面パッチから、上記操作によって、4つの新たな三角形が形成される。基本三角形の平面パッチを「レベル0の三角形」と呼び、レベル0の三角形に基づいて形成された新たな4つの三角形を「レベル1の三角形」と呼ぶ。上記と同様の操作を、レベル1の三角形のそれぞれについて実行し、レベル1の各三角形からそれぞれ4つの三角形が形成され、レベル1の三角形に基づいて形成された三角形を「レベル2の三角形」と呼ぶ。つまり、レベル1の4つの三角形から16個のレベル2の三角形が形成される。このようにして、形状創成の精度に応じて、レベル3、4、……の三角形が形成される。そして、レベル3、4、……における上記形状構成点を結んだ包絡線によって、所望の形状が創成される。

図9は、上記実施例において、所定の面を創成するための基本多角形を四角形状として、四角形状の平面パッチPP2の4つの頂点（レベル0の形状構成点）にレベル0の法線NA、NB、NC、ND設定し、これらの法線を分解し、新しいレベル1の形状構成点E、F、G、Hと、レベル1の法線NE、NF、NG、NHを形成し、新しい多面体形状を形成する過程を示す図である。

上記実施例においては、所望の面を創成するための基本多角形を構成する平面パッチとして、基本四角形の平面パッチPP2を想定し、この四角形の4つの頂点（レベル0の形状構成点）にレベル0の法線NA、NB、NC、NDを設定する。レベル1の形状構成点E、F、G、Hに、レベル1の法線NE、NF、NG、NHを設定する。

図9において、基本四角形の平面パッチPP2を斜線で示してある。この場合、図9の中心には、面形状を創成するためのレベル1の形状構成点Iが記載されている。レベル1の形状構成点Iは、レベル1の形状構成点E、F、G、Hの法線NE、NF、NG、NHに基づいて決定され、また、レベル1の形状構成点Iにおけるレベル1の法線NIは、レベル1の形状構成点E、F、G、Hと、これら

10

におけるレベル1の法線NE、NF、NG、NHとに基づいて、設定される。

図10は、本発明の実施例である面形状の創成システムSF0の構成を示すブロック図である。

面形状の創成システムSF0は、所定の多角形状平面パッチをレベル0の多角形状平面パッチと呼び、上記レベル0の多角形状平面パッチの各頂点をレベル0の形状構成点と呼び、上記レベル0の多角形状平面パッチと、上記レベル0の形状構成点とに基づいて形状創成する面形状の創成システムである。

また、面形状の創成システムSF0は、レベルnの法線設定手段40と、レベルnの接線設定手段50と、レベル(n+1)の形状構成点設定手段60と、繰り返し制御手段70とを有する。

レベルnの法線設定手段40は、レベルn (nは0および正の整数)の形状構成点のそれぞれに、レベルnの法線を設定する手段である。

レベルnの接線設定手段50は、レベルnの法線と等価な接平面上で、上記設定したそれぞれのレベルnの法線を分解し、しかも、上記レベルnの多角形状平面パッチの辺と同じ方向またはその辺の近傍に向かって分解することによって、レベルnの接線を設定する手段である。

レベル(n+1)の形状構成点設定手段60は、2つの上記レベルnの接線に基づいて、レベル(n+1)の形状構成点を設定する手段である。

繰り返し制御手段70は、 $n=0$ として、レベルnの法線設定手段40と、レベルnの接線設定手段50と、レベル(n+1)の形状構成点設定手段60とを動作させた後に、上記nの1インクリメントと、レベルnの法線設定手段40とレベルnの接線設定手段50とレベル(n+1)の形状構成点設定手段60との動作とを繰り返し実行させる手段である。

ここでは、まず、 $n=0$ とし(S21)、レベルnの法線設定手段40が、レベル0の形状構成点のそれぞれに、レベル0の法線を設定する(S22)。

次に、レベルnの接線設定手段50が、レベル0の法線と等価な接平面上で、上記設定したそれぞれのレベル0の法線を分解し、しかも、レベル0の三角形状平面パッチPP1の辺と同じ方向またはその辺の近傍に向かって分解することによって、レベル0の接線を設定する(S23)。

1 1

そして、レベル $(n+1)$ の形状構成点設定手段 60 が、2つの上記レベル 0 の接線に基づいて、レベル 1 の形状構成点を設定する (S 24)。

ここで、レベル 1 の形状構成点が全て設定されているか否かを判断し (S 25)、レベル 1 の形状構成点のうちで、まだ設定されていないものが残っていれば、ステップ S 23 に戻る。

一方、レベル 1 の形状構成点が全て設定されていれば (S 25)、そして、所望の形状の精度をさらに上げる必要があれば (S 26)、繰り返し制御手段 70 が、上記 n を 1 インクリメントする (S 27) とともに、レベル n の法線設定手段 40 とレベル n の接線設定手段 50 とレベル $(n+1)$ の形状構成点設定手段 60 との動作とを繰り返し実行させる (S 22 ~ S 26)。

つまり、 $n=1$ とし、レベル n の法線設定手段 40 が、レベル n の形状構成点のそれぞれに、レベル n の法線を設定し (S 22)、レベル n の接線設定手段 50 が、レベル n の法線と等価な接平面上で、上記設定したそれぞれのレベル n の法線を分解し、しかも、レベル n の三角形状平面パッチの辺と同じ方向またはその辺の近傍に向かって分解することによって、レベル n の接線を設定し (S 23)、レベル $(n+1)$ の形状構成点設定手段 60 が、2つの上記レベル n の接線に基づいて、レベル $(n+1)$ の形状構成点を設定する (S 24)。

ここで、レベル n の形状構成点のうちで、まだ設定されていないものが残っていれば (S 25)、ステップ S 23 に戻り、レベル n の形状構成点が全て設定されていれば (S 25)、そして、所望の形状の精度をさらに上げる必要があれば (S 26)、繰り返し制御手段 70 が、上記 n を 1 インクリメントする (S 27) とともに、レベル n の法線設定手段 40 とレベル n の接線設定手段 50 とレベル $(n+1)$ の形状構成点設定手段 60 との動作とを繰り返し実行させる (S 22 ~ S 25)。

一方、ステップ S 26 において、所望の形状の精度をさらに上げる必要がなければ、形状創成動作を終了する。

なお、多角形状平面パッチとして、五角形状の平面パッチを使用する場合には、五角形状の平面パッチの隣り合う頂点 (レベル 0 の形状構成点) を使用して、レベル 1 の形状構成点を設定し、レベル 1 の形状構成点と 2 つのレベル 0 の形状構

12

成点とによって、レベル2の形状構成点を設定し、以下、これらの動作を繰り返して、形状構成点を、逐次的に設定する。六角形状の平面パッチ等、多角形状の平面パッチについても、上記と同様にして形状構成点を、逐次的に設定する。

また、上記実施例は、曲面を想定して形状創成するが、部分的に平面を含む計上を創成する場合、または、複数の平面によって形状創成する場合にも、上記実施例を適用することができる。

上記各実施例によれば、非線形な形状記述（たとえば曲面創成）する場合、決定困難な非線形関係として表現せず、決定容易なベクトル関係によって形状記述する（線形関係として表現する）ので、明確に、かつ正確に形状記述することができる。つまり、上記実施例によれば、法線と等価な接平面上に接線の方角を画一的に設定することができるので、接線の方角を設定する動作が迅速である。

この結果、形状記述のメカニズムが簡潔であり、形状記述機構を簡単に構築することができるが、したがって、処理速度が極めて高速であり、効率よく処理することができる。よって、曲面形状を創成する場合、スーパーコンピュータを必要とせず、パソコンでも軽快に、容易に処理することができる。

また、上記各実施例によれば、接平面を使用して形状を創成するので、接線の方角を一義的に求めることができ、したがって、高速にレンダリングする（CGによってリアルな画像を作る）ことができ、表現精度が向上する。

また、従来例では制御ポリゴンというインタフェースを作っているが、上記各実施例によれば、何らのインタフェースなしに曲面を創成することができ、また、その曲面を効率よく創成することができる。同様に、有限要素法や境界要素法等の設計評価システムを、インタフェースや前処理（プリプロセッサ）なしに、効率よく実現することができる。

さらに、上記各実施例によれば、形状創成するために必要な法線の方角を制御することができるが、つまり、接平面の傾斜を意味する法線の方角を、人間が操作的に直接制御できるので、容易に、自在に、しかもどのような複雑な形状でも、正確に、効率よく、上記法線の方角を創成することができる。

そして、上記各実施例によれば、荷重等のパラメータや特別な制御条件（たとえば制御ポリゴン）を必要とせず、初期条件として、境界に存在する形状構成点

13

に、所望の法線を付与するだけで、形状創成できるので、操作的に直接制御でき、視覚的に、効率よく容易に、所望の形状を創成することができる。

また、上記各実施例によれば、三角形形状、四角形状等の基本形状の平面パッチを合成表現することによって、どのような多角形状で構成される多面体でも、容易に、効率よく所望の形状を創成することができる。

さらに、上記各実施例によれば、接平面を逐次的に被覆することによって、形状を創成することができ、しかも、創成過程を制御することによって、必要十分な形状の表現精度を決定することができるので、データの簡潔であり、形状創成のプロセスはもちろん、支援システム（たとえばデータホームページ、保存機構すなわちデータベースやメモリ）等を、効率よく実現することができる。

そして、上記各実施例によれば、法線の向きを変えるだけ、凸面（外包系、正法線基準、接線基準創成）の形状創成から、凹面（内包系、負法線基準、弦基準創成）の形状を創成することができ、その逆方向で、形状創成することができる。したがって、凸面と凹面とが混在する形状を、容易かつ効率的に同時創成することができる。

なお、上記実施例のプログラムとしては、所定の多角形状平面パッチをレベル0の多角形状平面パッチと呼び、上記レベル0の多角形状平面パッチの各頂点をレベル0の形状構成点と呼び、上記レベル0の多角形状平面パッチと、上記レベル0の形状構成点とに基づいて形状創成する面形状の創成プログラムである。

このプログラムでは、上記レベル0の形状構成点のそれぞれに、レベル0の法線を設定し、メモリに記憶するレベル0の法線設定手順と、上記レベル0の法線と等価な接平面上で、上記設定したそれぞれのレベル0の法線を分解する。

この場合、上記レベル0の多角形状平面パッチの辺と同じ方向またはその辺の近傍に向かって分解することによって、レベル0の接線を設定し、メモリに記憶するレベル0の接線設定手順と、2つの上記レベル0の接線に基づいて、レベル1の形状構成点を設定し、メモリに記憶するレベル1の形状構成点設定手順とをコンピュータに実行させるプログラムの例である。

また、上記実施例は、所定の多角形状平面パッチをレベル0の多角形状平面パッチと呼び、上記レベル0の多角形状平面パッチの各頂点をレベル0の形状構成

14

点と呼び、上記レベル0の多角形状平面パッチと、上記レベル0の形状構成点とに基づいて形状創成する面形状のプログラムであって、上記レベル n (n は0および正の整数)の形状構成点のそれぞれに、レベル n の法線を設定し、メモリに記憶するレベル n の法線設定手順と、上記レベル n の法線と等価な接平面上で、上記設定したそれぞれのレベル n の法線を上記レベル n の多角形状平面パッチの辺と同じ方向またはその辺の近傍に向かって分解することによって、レベル n の接線を設定し、メモリに記憶するレベル n の接線設定手順と、2つの上記レベル n の接線に基づいて、レベル $(n+1)$ の形状構成点を設定し、メモリに記憶するレベル $(n+1)$ の形状構成点設定手順とをコンピュータに実行させるプログラムの例である。この場合、上記 $n=0$ として、上記レベル n の法線設定手順と、上記レベル n の接線設定手順と、上記レベル $(n+1)$ の形状構成点設定手順とを実行した後に、上記 n の1インクリメントと、上記レベル n の法線設定手順と上記レベル n の接線設定手順と上記レベル $(n+1)$ の形状構成点設定手順とを繰り返し実行させる繰り返し制御手順をコンピュータに実行させる。

また、上記繰り返し制御手順によって、上記 n の1インクリメントと、上記レベル n の法線設定手順と上記レベル n の接線設定手順と上記レベル $(n+1)$ の形状構成点設定手順とを繰り返し実行させることによって、上記レベル0の多角形状平面パッチの全面を接平面で被覆し、所望の面形状を形成する。

さらに、上記プログラムを、FD、CD、DVD、HD、半導体メモリ等の記録媒体に記録するようにしてもよい。

[産業上の利用可能性]

本発明は、非球面加工を含む種々の加工システム、ゲーム生成支援システム、地理情報解析システム、防災関連予測システム、3次元地図システム、医療診断システム、フライトシミュレータ等の各種訓練シミュレータ、分子設計支援システム、設計支援解析システム、仮想現実感生成システム等、様々なシステムに有用である。

請 求 の 範 囲

- (1) 形状を生成／表示するに必要な基本形状となる多角形状の平面パッチの各頂点上に、接平面と等価な法線を設定し、上記設定した法線を、等価な接平面上で、所与の方向に分解し、接線を設定する段階と；
対応する二つの頂点の間に新たなる接平面と等価な法線を設定する位置と、二つの対応する頂点の関与する方向に接線を特定する段階と；
を有することを特徴とする面形状生成／表示方法。
- (2) 所与の法線と特定した位置情報と接線情報とに基づいて、特定した位置に、接平面と等価な法線を設定することを特徴とする面形状生成／表示方法。
- (3) 所与の法線と特定した位置情報とに基づいて特定した位置に、接平面と等価な法線を設定することを特徴とする面形状生成／表示方法。
- (4) 請求項(2)または(3)において、
所与の法線の存在する頂点を組み合わせ、それぞれ所与の各頂点に存在する法線を等価な接平面上で分解し、二つの頂点の間に新たなる接平面と等価な法線を設定する位置と二つの対応する頂点の関与する方向に接線を特定することを特徴とする面形状生成／表示方法。
- (5) 請求項(4)において、
必要な形状生成／表示精度に達するまで、上記所与の法線の存在する頂点を組み合わせ、それぞれ所与の各頂点に存在する法線を等価な接平面上で分解し、二つの頂点の間に新たなる接平面と等価な法線を設定する位置と二つの対応する頂点の関与する方向に接線を特定する動作を繰り返し、
所望の形状を生成表示することを特徴とする面形状生成／表示方法。
- (6) 多面体を構成する各基本パッチにおいて、法線を具備する基本パッチを選択する手段を有し、
上記選択された基本パッチについて、上記必要な形状生成／表示精度に達するまで、上記所与の法線の存在する頂点を組み合わせ、それぞれ所与の各頂点に存在する法線を等価な接平面上で分解し、二つの頂点の間に新

たなる接平面と等価な法線を設定する位置と二つの対応する頂点の関与する方向に接線を特定する動作を繰り返し、所望の形状を生成表示する操作を逐次的にかつ再帰的に制御することにより、所望の面形状を生成／表示することを特徴とする面形状生成／表示システム。

- (7) 多面体を構成する各基本パッチにおいて、法線を具備する基本パッチを選択する手段を有し、

上記選択された基本パッチについて、上記必要な形状生成／表示精度に達するまで、上記所与の法線の存在する頂点を組み合わせ、それぞれ所与の各頂点に存在する法線を等価な接平面上で分解し、二つの頂点の間に新たな接平面と等価な法線を設定する位置と二つの対応する頂点の関与する方向に接線を特定する動作を繰り返し、所望の形状を生成表示する操作を逐次的にかつ再帰的に制御することにより、所望の面形状を生成／表示することを特徴とする面形状生成／表示プログラムの記憶媒体。

図 1

SF 1 : 面形状創成サブシステム

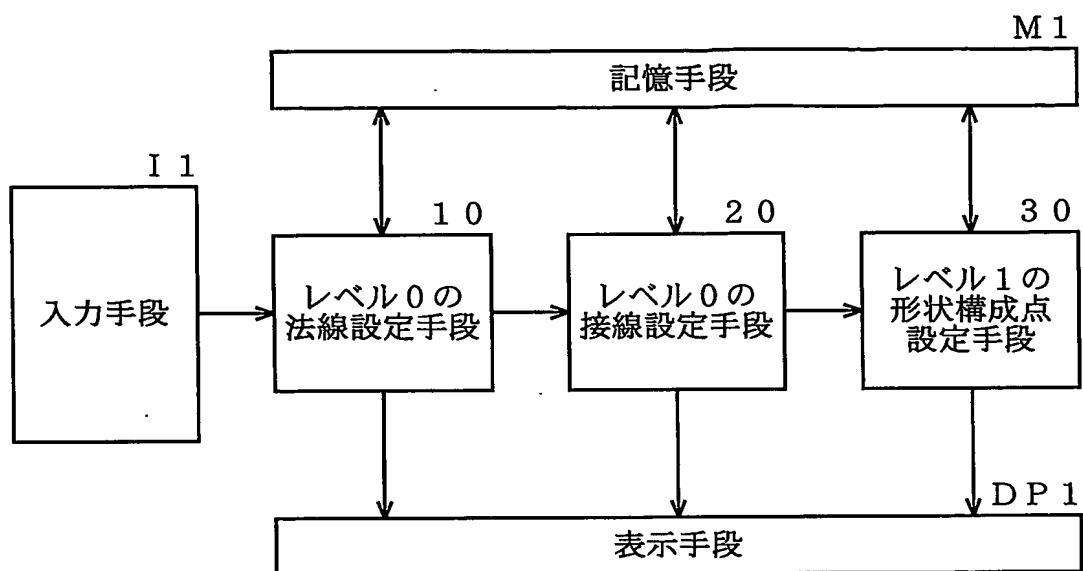
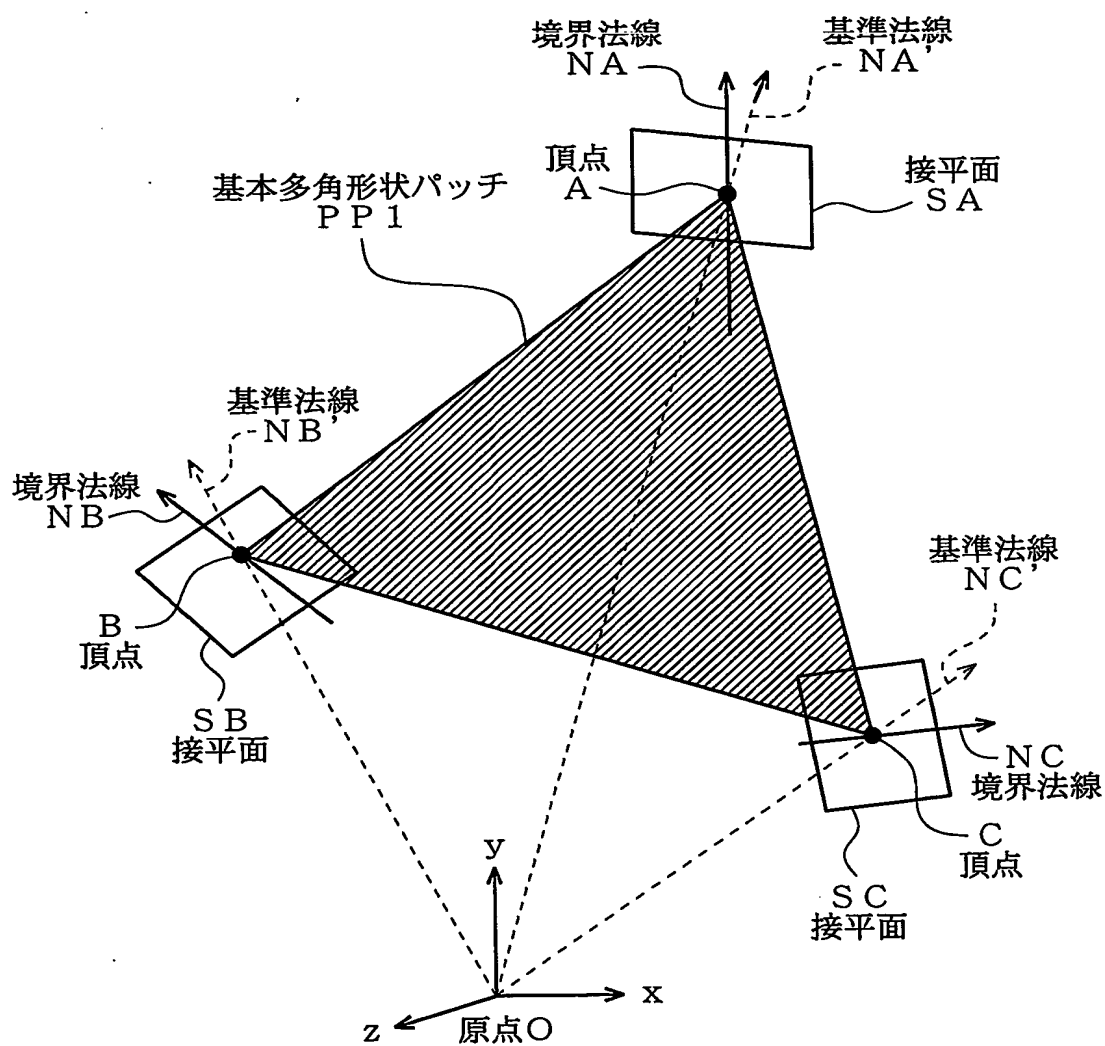


図 2



3 / 7

図 3

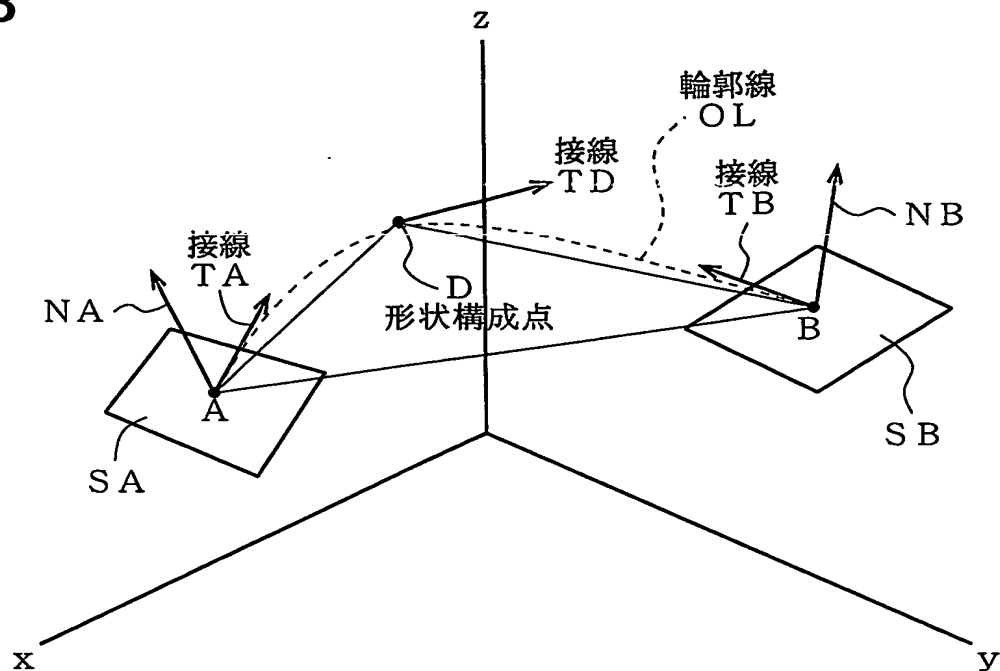
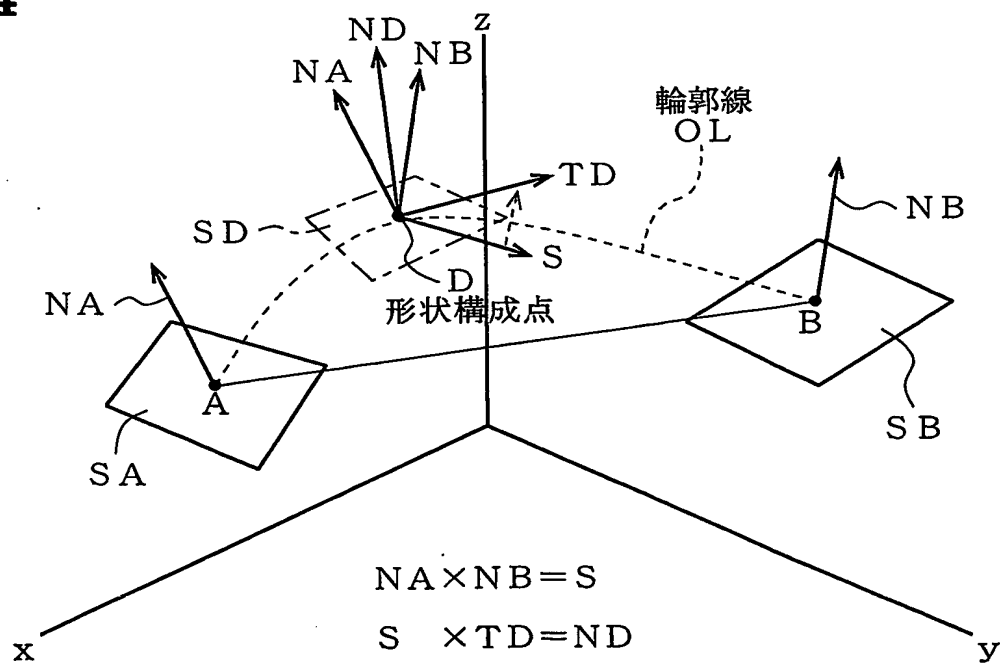


図 4



4 / 7

図 5

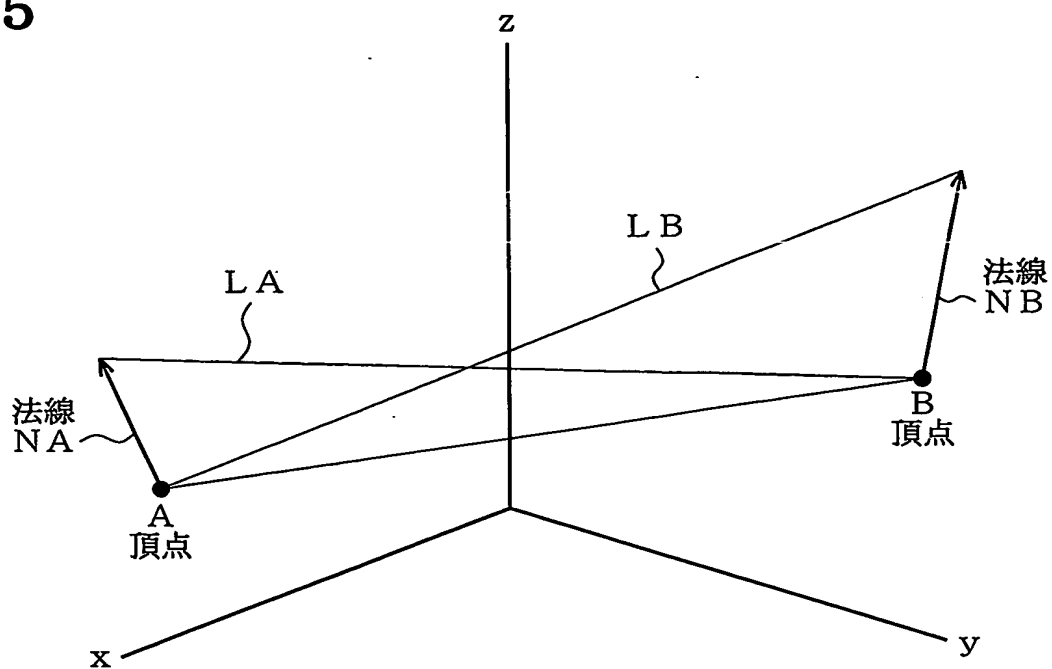


図 6

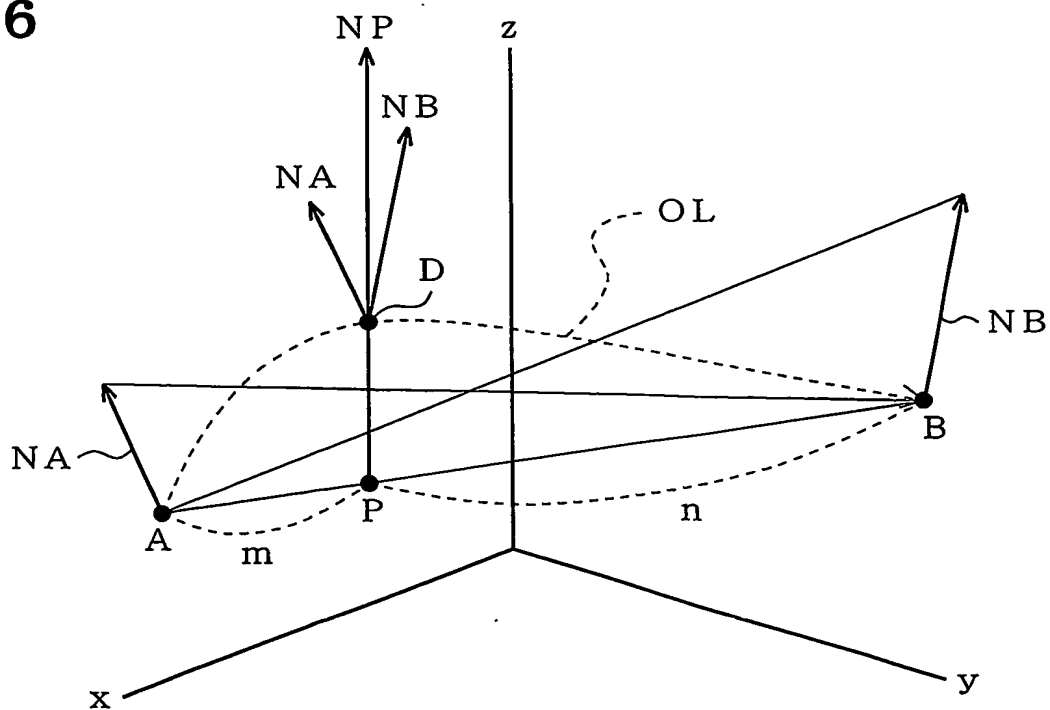


図 7

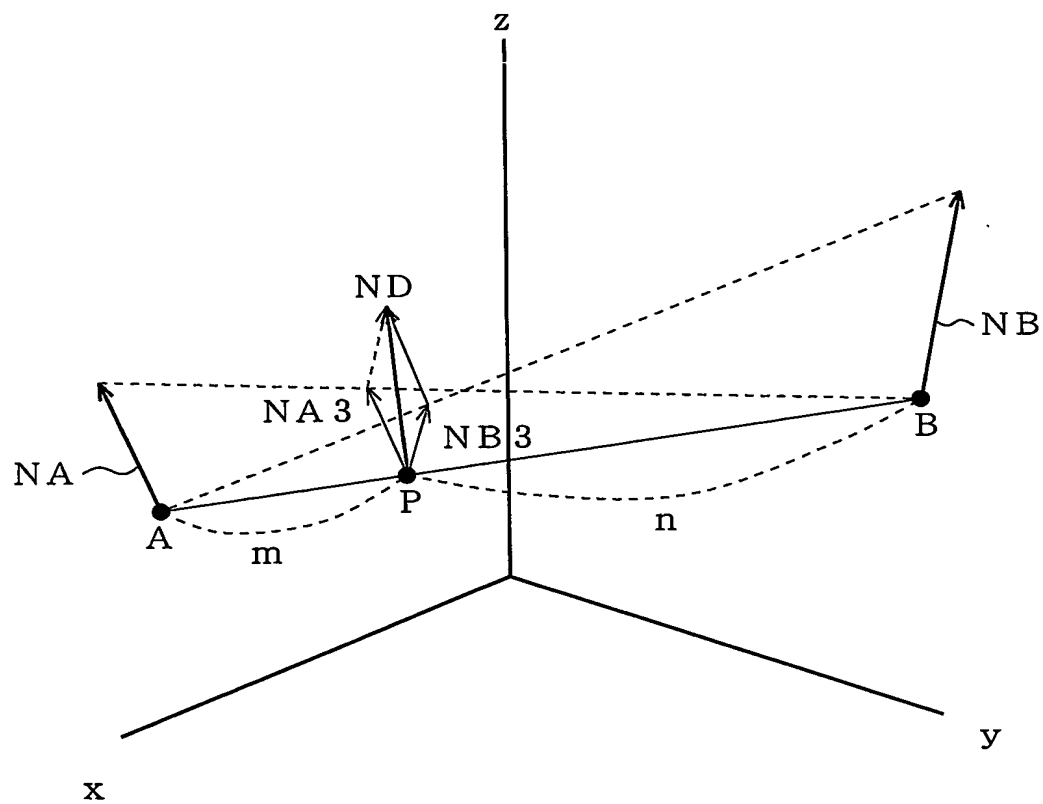


図 8

PP1 : 基本三角形の平面パッチ (三角形ABC)

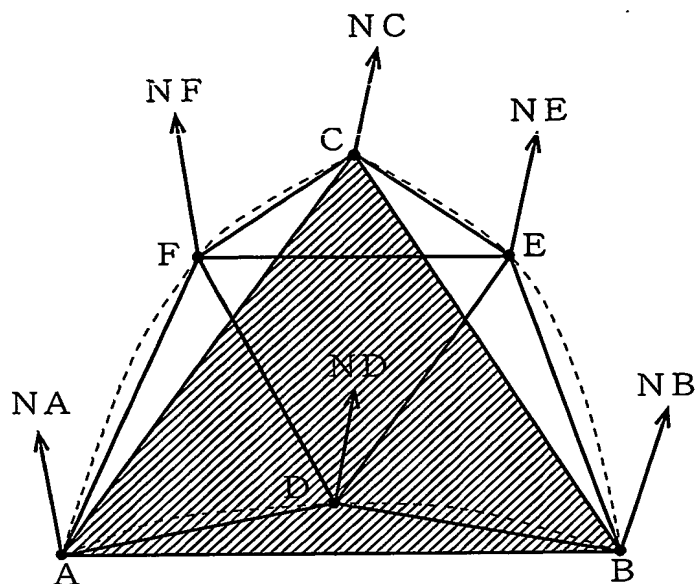


図 9

PP2 : 基本四角形の平面パッチ (四角形ABCD)

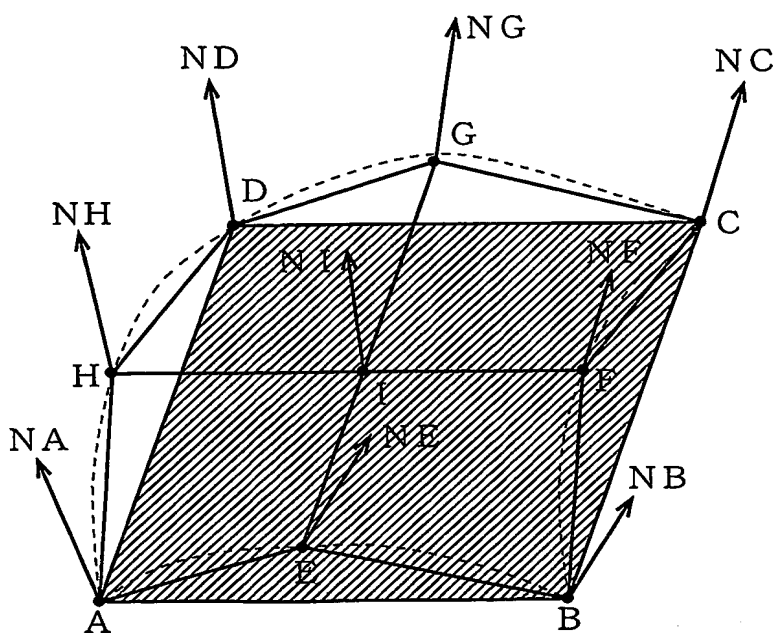
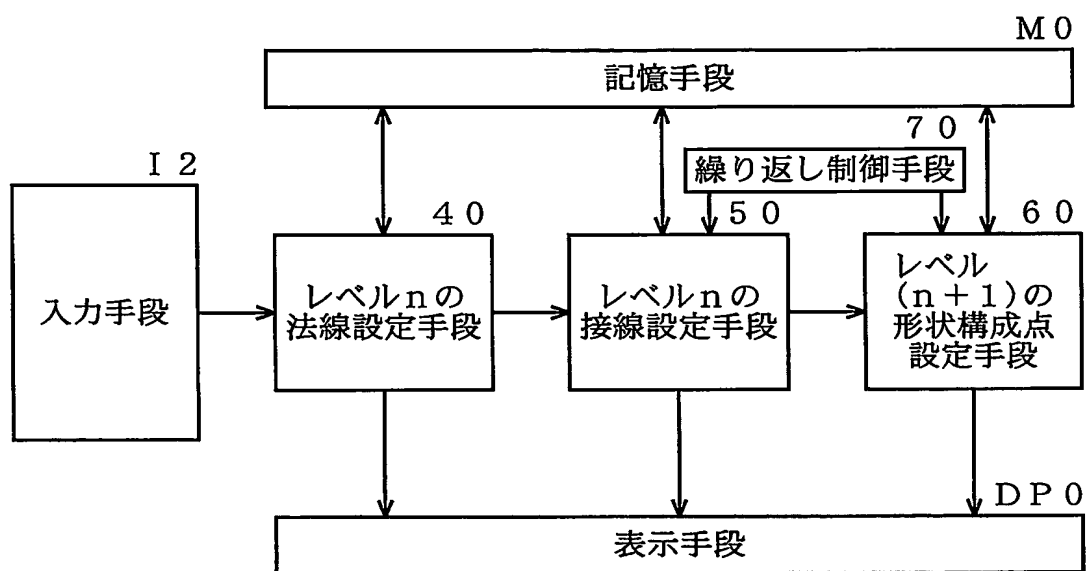


図 1 0

S F 0 : 面形状創成システム

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/06221

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G06F17/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G06F17/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-7544 A (LSI LOGIC CORP.), 12 January, 1999 (12.01.99), Par. Nos. [0019] to [0026]; Figs. 7 to 13 & US 5995109 A	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
14 August, 2003 (14.08.03)

Date of mailing of the international search report
26 August, 2003 (26.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G06F17/50

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G06F17/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 11-7544 A (LSI LOGIC CORPORATION) 1999. 01. 12, 【0019】 - 【0026】, 図7-13 & US 5995109 A	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 08. 03

国際調査報告の発送日

26.08.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田中 幸雄



5H

9191

電話番号 03-3581-1101 内線 3531